

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
30 janvier 2003 (30.01.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/009366 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/324, 21/306

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR02/02543

(22) Date de dépôt international : 16 juillet 2002 (16.07.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0109495 16 juillet 2001 (16.07.2001) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : S.O.I.
TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES
[FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des
Franques, 38190 Bernin (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) :
MALEVILLE, Christophe [FR/FR]; 90, rue du Château,
F-38660 La Terrasse (FR). NEYRET, Eric [FR/FR]; 2,
rue Lesdiguières, F-38360 Sassenage (FR).

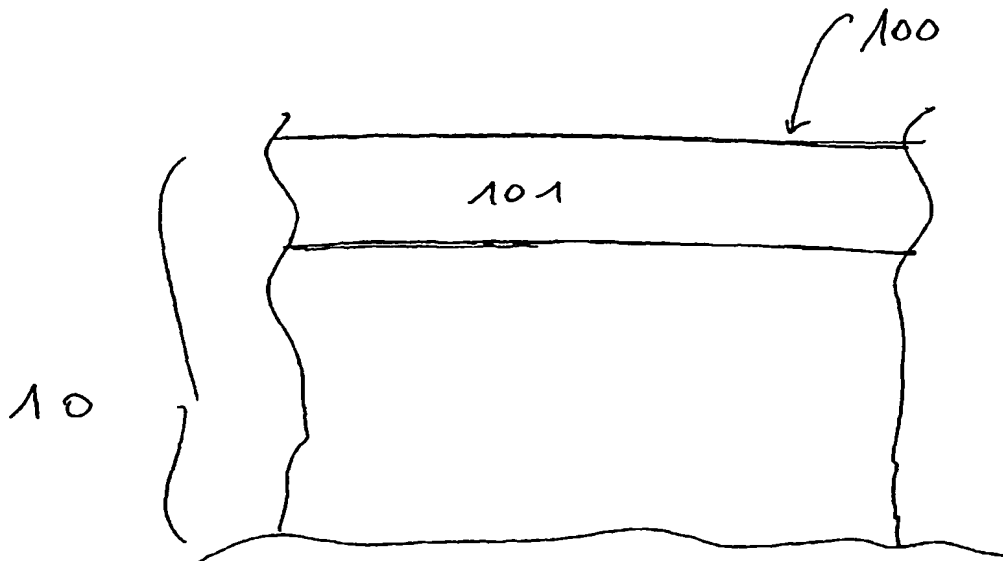
(74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17
(FR).

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,
YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR ENHANCING SURFACE CONDITION OF A SEMICONDUCTOR WAFER

(54) Titre : PROCEDE D'AMELIORATION DE L'ETAT DE SURFACE D'UNE PLAQUETTE SEMICONDUCTRICE



(57) Abstract: The invention concerns a method for enhancing the condition of the free surface of a semiconductor material wafer, said method comprising a step which consists in rapid thermal annealing so as to smooth said free surface. The invention is characterised in that said method consists, prior to rapid thermal annealing, in a treatment of a surface zone of the wafer so as to prevent occurrence of pitting during rapid thermal annealing, and the rapid thermal annealing process can be carried out under non-reducing atmosphere. The invention also concerns a structure produced by said method.

[Suite sur la page suivante]

BEST AVAILABLE COPY



WO 03/009366 A1



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

- *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

Publiée :

- *avec rapport de recherche internationale*
— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** L'invention propose un procédé d'amélioration de l'état de la surface libre d'une tranche de matériau semiconducteur, ledit procédé comprenant une étape de recuit thermique rapide afin de lisser ladite surface libre, caractérisé en ce que le procédé comporte préalablement au recuit thermique rapide un traitement d'une zone superficielle de la tranche en vue de prévenir l'apparition du piquage lors du recuit thermique rapide, et le recuit thermique rapide peut être effectuée sous atmosphère non réductrice. L'invention propose également une structure réalisée par un tel procédé.

PROCEDE D AMELIORATION DE L ETAT DE SURFACE D UNE PLAQUETTE SEMICONDUCTRICE

La présente invention concerne de manière générale le traitement de surface des matériaux, et particulièrement le traitement de substrats destinés à la fabrication de composants pour des applications en micro-électronique et/ou en opto-électronique.

5 Plus précisément, l'invention concerne un procédé d'amélioration de l'état de la surface libre d'une tranche de matériau semiconducteur, ledit procédé comprenant une étape de recuit thermique rapide afin de lisser ladite surface libre.

10 Par « surface libre », on entend la surface d'une tranche qui est exposée à l'environnement extérieur (par opposition à une surface d'interface qui est au contact de la surface d'une autre tranche ou d'un autre élément).

15 Par « recuit thermique rapide » on entend un recuit rapide sous atmosphère contrôlée, selon un mode communément nommé RTA (correspondant à l'acronyme de l'expression anglo-saxonne Rapid Thermal Annealing).

Dans la suite de ce texte, on désignera ainsi indifféremment ce mode de recuit par l'acronyme RTA, ou par l'appellation francophone de "recuit thermique rapide".

20 Pour réaliser un recuit RTA d'une tranche de matériau, on recuit la tranche à une température élevée, pouvant être de l'ordre de 1100°C à 1300°C, pendant 1 à 60 secondes.

25 Le recuit RTA est effectué sous atmosphère contrôlée. Dans l'application préférée de l'invention, cette atmosphère peut être par exemple une atmosphère comprenant un mélange d'hydrogène et d'argon, ou une atmosphère d'argon pur.

30 Dans cette application préférée de l'invention, on met en œuvre ladite invention de manière particulièrement avantageuse en combinaison avec un procédé de fabrication de films minces ou de couches de matériau semiconducteur du type décrit dans le brevet FR 2 681 472.

Un procédé reproduisant les enseignements du document cité ci-dessus est connu comme le procédé SMARTCUT[®]. Ses étapes principales sont schématiquement les suivantes :

- 5 • Une étape d'implantation d'atomes, sous une face d'un substrat de matériau semiconducteur (en particulier du silicium), dans une zone d'implantation du substrat,
- Une étape de mise en contact intime du substrat implanté avec un raidisseur, et
- 10 • Une étape de clivage du substrat implanté au niveau de la zone d'implantation, pour transférer la partie du substrat située entre la surface soumise à l'implantation et la zone d'implantation, sur le raidisseur et former ainsi un film mince, ou une couche, de semiconducteur sur celui-ci.

15 Par implantation d'atomes, on entend tout bombardement d'espèces atomiques ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans le matériau de la tranche avec un maximum de concentration des espèces implantées situé à une profondeur déterminée de la tranche par rapport à la surface bombardée de manière à définir une zone de fragilisation.

20 La profondeur de la zone de fragilisation est fonction de la nature des espèces implantées, et de l'énergie qui leur est associée pour l'implantation.

On précise qu'on désigne dans ce texte par le terme générique de « tranche » le film ou la couche transférée par un tel procédé du type
25 SMARTCUT[®].

La tranche (qui est en matériau semiconducteur) peut ainsi être associée à un raidisseur, et éventuellement à d'autres couches intermédiaires.

Et ce terme de « tranche » recouvre également dans le présent texte
30 toute tranche, couche ou film de matériau semiconducteur tel que le silicium, que la tranche ait été produite par un procédé du type

SMARTCUT[®] ou non, l'objectif étant dans tous les cas d'améliorer l'état de la surface libre de la tranche.

Pour les applications mentionnées au début de ce texte, les spécifications de rugosité associées à la surface libre des tranches sont en effet très sévères, et la rugosité de la surface libre des tranches est un paramètre qui conditionne dans une certaine mesure la qualité des composants qui seront réalisés sur la tranche.

Il est ainsi courant de trouver des spécifications de rugosité ne devant pas dépasser 5 Angströms en valeur rms (correspondant à l'acronyme anglo-saxon « root mean square »).

On précise que les mesures de rugosité sont généralement effectuées grâce à un microscope à force atomique (AFM selon l'acronyme qui correspond à l'appellation anglo-saxonne de Atomic Force Microscope).

Avec ce type d'appareil, la rugosité est mesurée sur des surfaces balayées par la pointe du microscope AFM, allant de $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ à $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ et plus rarement $50 \times 50 \mu\text{m}^2$, voire $100 \times 100 \mu\text{m}^2$.

La rugosité peut être caractérisée, en particulier, selon deux modalités.

Selon l'une de ces modalités, la rugosité est dite à hautes fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de $1 \times 1 \mu\text{m}^2$.

Selon l'autre de ces modalités, la rugosité est dite à basses fréquences et correspond à des surfaces balayées de l'ordre de $10 \times 10 \mu\text{m}^2$, ou plus. La spécification de 5 Angströms donnée ci-dessus à titre indicatif est ainsi une rugosité correspondant à une surface balayée de $10 \times 10 \mu\text{m}^2$.

Et les tranches qui sont produites par les procédés connus (de type SMARTCUT[®] ou autre) présentent des rugosités de surface dont les valeurs sont supérieures à des spécifications de l'ordre de celles mentionnées ci-dessus, en l'absence de l'application à la surface de la tranche d'un traitement spécifique tel qu'un polissage.

Un premier type de procédé connu pour diminuer la rugosité de surface des tranches consiste à faire subir à la tranche un traitement thermique « classique » (oxydation sacrificielle par exemple).

5 Mais un traitement de ce type ne permet pas d'amener la rugosité des tranches au niveau des spécifications mentionnées ci-dessus.

Et si on peut certes imaginer de multiplier les étapes de tels traitements thermiques classiques, et/ou de les combiner avec d'autres types de procédé connus, en vue de réduire encore la rugosité, ceci conduirait à un procédé long et complexe.

10 Un deuxième type de procédé connu pour diminuer la rugosité consiste à effectuer un polissage mécano-chimique de la surface libre de la tranche.

Ce type de procédé peut effectivement permettre de réduire la rugosité de la surface libre de la tranche.

15 Dans le cas où il existe un gradient de concentration de défauts croissant en direction de la surface libre de la tranche, ce deuxième type de procédé connu peut en outre permettre d'abraser ladite tranche jusqu'à une zone présentant une concentration de défauts acceptable.

20 Cependant, ce deuxième type de procédé connu présente l'inconvénient de compromettre l'uniformité de l'épaisseur de la couche utile de la tranche, c'est à dire de la couche qui sera effectivement exploitée pour la création de composants.

25 Et cet inconvénient est accru dans le cas où on procède à un polissage important de la surface de la tranche, ce qui serait le cas pour arriver à des rugosités telles que mentionnées ci-dessus.

Selon un troisième type de procédé, on fait subir à la tranche un recuit RTA sous atmosphère contrôlée.

30 Ce troisième type de procédé permet de diminuer de manière généralement satisfaisante la rugosité de surface des tranches (en particulier sans dégrader l'uniformité de l'épaisseur de la couche utile), et constitue ainsi une solution intéressante.

Cependant, si ce troisième type de procédé peut effectivement permettre d'obtenir des rugosités hautes fréquences et basses fréquences globalement satisfaisantes, la Demanderesse a observé que le fait de faire subir à la tranche un recuit RTA peut induire un inconvénient.

5 En effet, en analysant finement l'état de la surface de tranches (en particulier de tranches de silicium) ayant subi un tel traitement, la Demanderesse a déterminé que des trous de très petites dimensions se superposaient à une surface dont la rugosité générale était par ailleurs satisfaisante.

10 Une telle analyse peut être menée à partir d'une observation avec un microscope à force atomique.

Ces petits trous ont typiquement des dimensions de l'ordre de quelques nm de profondeur, et quelques dizaines de nm de diamètre.

15 Ces trous présentent des similitudes avec les trous que l'on peut parfois observer à la surface de matériaux tels que du silicium, et que l'on attribue à un phénomène dit de « piquage », connu également sous l'appellation anglo-saxonne de « pitting ».

20 On précise toutefois que si le terme de « piquage » sera employé par commodité dans ce texte pour désigner de tels trous, leur ratio profondeur/diamètre est inférieur aux ratios habituellement observés dans le cas de trous de piquage classiques.

Plus précisément encore, le « piquage » dont il est ici question n'a pas les mêmes origines que le phénomène de « piquage » qui est généralement décrit dans l'état de la technique.

25 Le piquage de l'état de la technique est en effet généralement dû à des défauts enterrés dans l'épaisseur de la tranche de matériau.

Ces défauts sont effet susceptibles d'être attaqués par un traitement thermique (traitement thermique ayant par exemple pour objectif d'améliorer l'état de surface de la tranche).

30 Le phénomène désigné par le terme de « piquage » correspond ainsi dans l'état de la technique aux trous générés par l'attaque de défauts enterrés.

On pourra à cet égard se référer à la demande de brevet EP 1 158 581, qui précise des caractéristiques ces défauts enterrés – en particulier des défauts du type « COP » pour Crystal Originated Particle selon la dénomination anglo saxonne répandue. A cet égard, on se réfèrera
5 par exemple au passage page 1 lignes 48 à 54 de cette demande de brevet.

On remarquera d'ailleurs que cette demande ne vise qu'à améliorer les composantes « longue période » de la rugosité, qui correspondent à la rugosité basses fréquences (surfaces balayées de l'ordre de $10 \times 10 \mu\text{m}^2$),
10 alors que les composantes hautes fréquences de la rugosité ne sont pas traitées (voir en particulier page 10 lignes 54-55 de cette demande). Or, le phénomène que l'on désigne dans ce texte par « piquage » correspond également à la rugosité hautes fréquences.

On retrouve dans d'autres documents, par exemple EP 1 045 448,
15 ou encore FR 2 797 713, cet objectif de traitement du « piquage » au sens de la définition de l'état de la technique.

Et dans ces documents encore, le « piquage » dont il est question ne correspond pas au « piquage » concerné par la présente invention.

EP 1 045 448 précise ainsi que les défauts visés sont de type
20 « COP », ces défauts étant comme on l'a vu des défauts enterrés dont l'attaque est susceptible de générer des trous assez profonds.

EP 1 045 448 précise ainsi (colonne 2 lignes 55 et suivantes) que les COPs peuvent s'étendre jusqu'à la couche enterrée d'oxyde d'une structure de type SOI (c'est à dire que ces défauts peuvent s'étendre dans
25 l'épaisseur du matériau jusqu'à cette couche d'oxyde enterré, qui est située sous une couche utile de silicium dont l'épaisseur peut typiquement aller jusqu'à quelques milliers d'angströms).

Les trous de « piquage » correspondant ont ainsi dans le cas de EP 1 045 448 une profondeur pouvant aller jusqu'à ces valeurs de quelques
30 milliers d'angströms.

Ainsi, le « piquage » tel que compris dans l'état de la technique désigne des trous :

- Générés par l'attaque de défauts enterrés dans l'épaisseur de la couche de la tranche,
- Ces trous pouvant avoir une profondeur de l'ordre de quelques milliers d'angströms.

5 Le « piquage » concerné par la présente invention, au contraire, ne résulte pas d'une attaque de défauts préexistants.

Ce piquage ne correspond qu'aux endroits de la surface de la tranche auxquels le lissage par reconstruction du recuit RTA ne s'effectue pas totalement, les petits trous tels que mentionnés plus haut apparaissant.

10 Le « piquage » concerné par l'invention est ainsi un phénomène purement superficiel.

A cet égard, on pourra se reporter à la figure unique qui représente une vue en coupe d'une tranche 10 de silicium dont la surface 100, initialement définie par un procédé de transfert avec détachement, a
15 ensuite subi un recuit RTA.

La figure fait apparaître une zone superficielle 101 d'une épaisseur inférieure à 100 nm, et dans laquelle la structure du silicium n'est plus cristalline.

C'est cette zone 101 de très faible épaisseur qui génère le piquage
20 dont il est ici question.

Cette figure illustre la différence de nature des « piquages » respectifs de l'état de la technique et de l'invention.

Et dans la suite du texte, le terme de « piquage » est à comprendre comme spécifiquement défini ci-dessus, et non comme dans l'état de la
25 technique (à moins qu'une indication contraire ne soit donnée).

La Demanderesse a donc déterminé que l'application d'un recuit RTA à une tranche (en particulier de silicium) favorisait l'apparition de ce phénomène de piquage.

Cette observation a été faite particulièrement dans le cas de
30 tranches de SOI – acronyme de Silicon On Insulator pour silicium sur isolant (ou SOA – acronyme de Silicon On Anything pour silicium sur un matériau quelconque), issues d'un procédé de type SMARTCUT®.

Et dans la mesure où le recuit RTA constitue l'étape ultime de traitement d'une tranche pour améliorer son état de surface, le piquage de la surface d'une tranche sortant d'un recuit RTA est problématique, car la surface « piquée » générée par le recuit RTA se retrouvera dans le produit
5 final.

On pourrait bien sûr envisager de retraiter les tranches issues du recuit RTA, pour corriger ce phénomène et tenter d'éliminer le piquage, en polissant une épaisseur suffisante de la tranche piquée.

Mais on se retrouverait alors de nouveau exposé aux inconvénients
10 du polissage mentionnés ci-dessus (comme cela est le cas avec les enseignements du document FR 2 797 713), et on perdrait dans ce cas les bénéfices liés au recuit RTA.

Un but de l'invention est de perfectionner les procédés d'amélioration de l'état de la surface libre d'une tranche de matériau semiconducteur par
15 recuit RTA.

Plus précisément, un but de l'invention est de permettre en outre d'affranchir de tels procédés de l'inconvénient lié au piquage mentionné ci-dessus.

Et comme on l'a dit, l'invention s'applique plus particulièrement à des
20 surfaces de tranches de type SOI (ou SOA), issues d'un procédé de transfert avec détachement (par exemple un procédé de type SMARTCUT®).

Et un autre but de l'invention est de proposer une alternative aux procédés comprenant une étape de polissage.

25 Afin d'atteindre les buts exposés ci-dessus, l'invention propose un procédé d'amélioration de l'état de la surface libre d'une tranche de matériau semiconducteur, ledit procédé comprenant une étape de recuit thermique rapide afin de lisser ladite surface libre, caractérisé en ce que le procédé comporte avant le recuit thermique rapide un traitement préalable
30 d'une zone superficielle de la tranche en vue de prévenir l'apparition du piquage lors du recuit thermique rapide, et le recuit thermique rapide peut être effectué sous atmosphère non réductrice.

Des aspects préférés, mais non limitatifs du procédé selon l'invention sont les suivants :

- ledit traitement préalable est un recuit haute température destiné à reconstruire la zone superficielle,
- 5 • ledit recuit haute température est effectué sous atmosphère neutre,
- la température dudit recuit à haute température est comprise entre 600°C et 1300°C,
- la température dudit recuit à haute température est comprise entre 800°C et 1100°C,
- 10 • ledit traitement préalable permet d'éliminer la partie perturbée de la zone superficielle,
- ledit traitement préalable est une attaque chimique,
- ledit traitement préalable est de type gravure humide ou gravure sèche,
- ledit traitement préalable est une oxydation sacrificielle,
- 15 • l'étape de recuit thermique rapide est suivie d'une oxydation sacrificielle.

Et l'invention propose également une structure SOI ou SOA obtenue par un procédé selon l'une des revendications précédentes.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante de formes préférées de réalisation de
20 l'invention.

Cette description est faite en référence à l'application préférée de l'invention, qui concerne l'amélioration de l'état de surface d'une tranche de SOI ou SOA, issue d'un procédé SMARTCUT®. Toutefois, la tranche peut être d'un type différent.

25 Une caractéristique commune aux différents modes de réalisation de l'invention est qu'on prépare la surface de la tranche, préalablement à une étape de recuit RTA de la tranche qui est destinée à réduire la rugosité de surface de la tranche.

Le recuit RTA peut être effectué en particulier sous une atmosphère
30 de mélange hydrogène/argon, ou d'argon pur.

Ce recuit RTA peut ainsi être effectué sous atmosphère non réductrice.

Et on notera que ceci constitue une différence supplémentaire avec les enseignements des documents EP 1 045 448 et EP 954 014 (que l'on cite uniquement pour mémoire, car ces documents sont concernés par le « piquage » tel que défini dans l'état de la technique, et non par le « piquage » tel que défini ici).

On précise d'ailleurs que EP 1 045 448 n'enseigne de toutes façons pas un traitement visant à prévenir l'apparition d'un piquage, mais plutôt d'un traitement curatif destiné à guérir des défauts existants.

On précise également que EP 954 014 n'enseigne pas d'appliquer à la tranche un traitement spécifiquement destiné à prévenir l'apparition d'un quelconque piquage, avant le recuit RTA. Ce document limite en effet son enseignement à l'application d'un recuit RTA. Ceci est également valable pour l'enseignement du document FR 2 761 526.

Dans le cas où la tranche a été créée par le clivage du procédé SMARTCUT[®], la surface de la tranche est la surface de clivage, (surface « as splitted » selon l'expression anglo-saxonne) – cette surface présente des irrégularités, que l'on désire réduire par un recuit RTA.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, on réalise cette préparation de la surface de la tranche en effectuant un recuit haute température sous atmosphère neutre, préalablement au recuit RTA.

L'atmosphère de ce recuit préalable peut ainsi être une atmosphère d'argon ou d'azote.

Ce recuit préalable est appliqué à la tranche, dont la surface à traiter est disposée de manière à être exposée au recuit.

Lors de ce recuit préalable, la température peut être comprise entre 600°C et 1300°C.

De préférence, cette température est comprise entre 800°C et 1100°C.

Ce recuit préalable peut également être effectué sous vide, la pression pouvant cependant avoir toute valeur jusqu'à 1 atmosphère.

Un tel recuit préalable permet de reconstruire la zone perturbée de la surface de la tranche, et d'éliminer les défauts menant au piquage lors du recuit RTA.

5 Ces défauts, générés en particulier lors du clivage, ont été observées par la Demanderesse en utilisant une technique de microscopie à transmission électronique qui permettent de visualiser des détails de l'ordre de grandeur de l'atome, sous la forme de cavités de la zone superficielle de la tranche, sur des surfaces de tranches issues d'un procédé SMARTCUT®.

10 Ces cavités se trouvent rassemblées dans une zone superficielle de la tranche d'une épaisseur de l'ordre de plusieurs dizaines de nm.

Du fait de la présence de ces cavités, la zone en question est une zone perturbée, par rapport aux régions inférieures de la tranche dont la structure cristalline n'est pas perturbée.

Les cavités peuvent avoir un diamètre de l'ordre de 10 à 20 nm.

15 Le recuit préalable peut être réalisé dans un four classique (le recuit RTA de lissage de surface étant quant à lui ensuite réalisé dans un four spécifique), ou dans le même four que le recuit RTA.

20 Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le traitement préalable de la tranche consiste à effectuer une attaque chimique de la surface de la tranche.

Cette attaque chimique peut être de type gravure humide ou gravure sèche. Dans ce cas, l'effet du traitement préalable est de supprimer la zone superficielle de la tranche qui comporte les cavités mentionnées ci-dessus et qui sont à l'origine du phénomène de piquage sous recuit RTA.

25 Dans tous les modes de réalisation de l'invention en effet, le but du traitement préalable au recuit RTA est de traiter la zone superficielle dont la structure est perturbée par la présence des cavités.

30 Ce traitement de la zone peut consister à réduire ou éliminer les cavités de la zone (c'est le cas dans le premier mode de réalisation), ou à attaquer directement cette zone pour la réduire/éliminer elle même (deuxième mode de réalisation, et comme on va le voir troisième mode également).

Selon un troisième mode de réalisation de l'invention en effet, on fait subir à la tranche, préalablement au recuit RTA, une oxydation sacrificielle.

Dans ce troisième mode de réalisation, l'effet du traitement préalable est ici encore de réduire ou éliminer non pas seulement les cavités de la zone perturbée superficielle de la tranche qui comporte les cavités, mais de
5 réduire ou éliminer cette zone superficielle perturbée elle-même.

Ainsi, en faisant subir à la tranche une oxydation sacrificielle avant le recuit RTA, on favorise la réduction/élimination de la zone perturbée (on précise qu'il est également possible que cette oxydation sacrificielle
10 permette en outre de réduire ou éliminer les cavités de cette zone).

Dans une variante préférée de ce troisième mode de réalisation, l'étape d'oxydation sacrificielle se décompose en une étape d'oxydation et une étape de désoxydation, un traitement thermique étant intercalé entre l'étape d'oxydation et l'étape de désoxydation.

15 L'étape d'oxydation est préférentiellement réalisée à une température comprise entre 700°C et 1100°C.

L'étape d'oxydation peut être réalisée par voie sèche ou par voie humide.

Par voie sèche, l'étape d'oxydation est, par exemple, menée en
20 chauffant la tranche sous oxygène gazeux.

Par voie humide, l'étape d'oxydation est, par exemple, menée en chauffant la tranche dans une atmosphère chargée en vapeur d'eau.

Par voie sèche ou par voie humide, selon des procédés classiques connus de l'homme du métier, l'atmosphère d'oxydation peut aussi être
25 chargée en acide chlorhydrique.

L'étape d'oxydation aboutit à la formation d'un oxyde à la surface de la tranche.

L'étape de traitement thermique est réalisée par toute opération thermique destinée à améliorer les qualités du matériau constitutif de la
30 zone superficielle de la tranche.

Ce traitement thermique peut être effectué à température constante ou à température variable.

Dans ce dernier cas, le traitement thermique est réalisé, par exemple, avec une augmentation progressive de la température entre deux valeurs, ou avec une oscillation cyclique entre deux valeurs, etc.

Préférentiellement, l'étape de traitement thermique est effectuée au
5 moins en partie à une température supérieure à 1000°C, et plus particulièrement vers 1100-1200°C.

Préférentiellement, l'étape de traitement thermique est effectuée sous atmosphère non oxydante.

L'atmosphère du traitement thermique peut comprendre de l'argon,
10 de l'azote, de l'hydrogène, etc., ou encore un mélange de ces gaz. Le traitement thermique peut également être réalisée sous vide.

Dans cette variante préférée du troisième mode de réalisation de l'invention, l'étape d'oxydation est réalisée avant l'étape de traitement thermique.

15 On notera que si il a déjà pu être envisagé de réduire le piquage dû spécifiquement à l'étape de traitement thermique d'une telle oxydation sacrificielle, la problématique à laquelle la présente invention répond et qui est celle de prévenir le piquage dû à une étape ultérieure de recuit RTA, n'a quant à elle pas été abordée.

20 On rappelle d'ailleurs à cet égard que le « piquage » qui peut être provoqué par une oxydation sacrificielle est un « vrai » piquage (dans lequel les trous sont plus profonds que larges), alors que les trous dont on veut ici prévenir l'apparition suite à un recuit RTA sont généralement plus larges que profonds.

25 Selon une variante avantageuse, l'étape d'oxydation débute avec le début de la montée en température du traitement thermique et se termine avant la fin de ce dernier.

Le traitement thermique permet de guérir, au moins en partie, les défauts générés au cours des étapes précédentes du procédé de
30 fabrication et de traitement de la tranche.

Plus particulièrement, le traitement thermique peut être effectué pendant une durée et à une température telles que l'on réalise par celui-ci

une guérison des défauts cristallins, tels que des fautes d'empilement, des défauts "HF", etc., engendrés dans la couche superficielle de la tranche, au cours de l'étape d'oxydation.

On appelle défaut "HF", un défaut dont la présence est révélée par
5 une auréole de décoration dans une couche telle qu'une couche d'oxyde enterré dans l'épaisseur de la tranche, après traitement de la tranche dans un bain d'acide fluorhydrique.

L'étape de désoxydation est préférentiellement réalisée en solution.

Cette solution est par exemple une solution d'acide fluorhydrique à 10
10 ou 20%. Quelques minutes suffisent pour enlever mille à quelques milliers d'angströms d'oxyde, en plongeant la tranche dans une telle solution.

On précise que dans les différents modes de réalisation de l'invention, on pourra faire suivre l'étape de recuit RTA d'une oxydation sacrificielle telle que décrite ci-dessus (dans ces cas, si l'on met en œuvre
15 le troisième mode de réalisation de l'invention, on procèdera ainsi à deux oxydations sacrificielles).

L'ajout de cette oxydation sacrificielle après le recuit RTA permet d'amincir la couche utile de la tranche, pour l'amener à l'épaisseur désirée.

Et c'est principalement en jouant sur la durée de l'oxydation que l'on
20 détermine l'épaisseur qui sera ainsi enlevée à la couche utile de la tranche.

On comprend donc que l'invention, dans chacun de ses différents modes de réalisation, permet de traiter la zone superficielle qui a été mise en évidence par la Demanderesse (particulièrement dans le cas d'une structure SOI ou SOA issue d'un procédé SMARTCUT®), de manière à
25 éviter ensuite l'apparition du piquage lors d'un recuit RTA.

Et dans chacun de ces modes de réalisation, l'invention permet d'améliorer grandement la morphologie de surface des tranches ayant subi un recuit RTA : ce recuit permet d'améliorer la rugosité des tranches, et à une échelle plus fine, on ajoute grâce à l'invention l'avantage de prévenir le
30 piquage.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'amélioration de l'état de la surface libre d'une tranche de
5 matériau semiconducteur, ledit procédé comprenant une étape de recuit
thermique rapide afin de lisser ladite surface libre, caractérisé en ce que
le procédé comporte avant le recuit thermique rapide un traitement
préalable d'une zone superficielle de la tranche en vue de prévenir
l'apparition du piquage lors du recuit thermique rapide, et le recuit
10 thermique rapide peut être effectué sous atmosphère non réductrice.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit
traitement préalable est un recuit haute température destiné à
reconstruire la zone superficielle.
15
3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit
recuit haute température est effectué sous atmosphère neutre.
4. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé
20 en ce que la température dudit recuit à haute température est comprise
entre 600°C et 1300°C.
5. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la
température dudit recuit à haute température est comprise entre 800°C
25 et 1100°C.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit traitement
préalable permet d'éliminer la partie perturbée de la zone superficielle.
- 30 7. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit
traitement préalable est une attaque chimique.

8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit traitement préalable est de type gravure humide ou gravure sèche.
- 5 9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit traitement préalable est une oxydation sacrificielle.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de recuit thermique rapide est suivie d'une oxydation sacrificielle.
- 10 11. Structure SOI ou SOA obtenue par un procédé selon l'une des revendications précédentes.

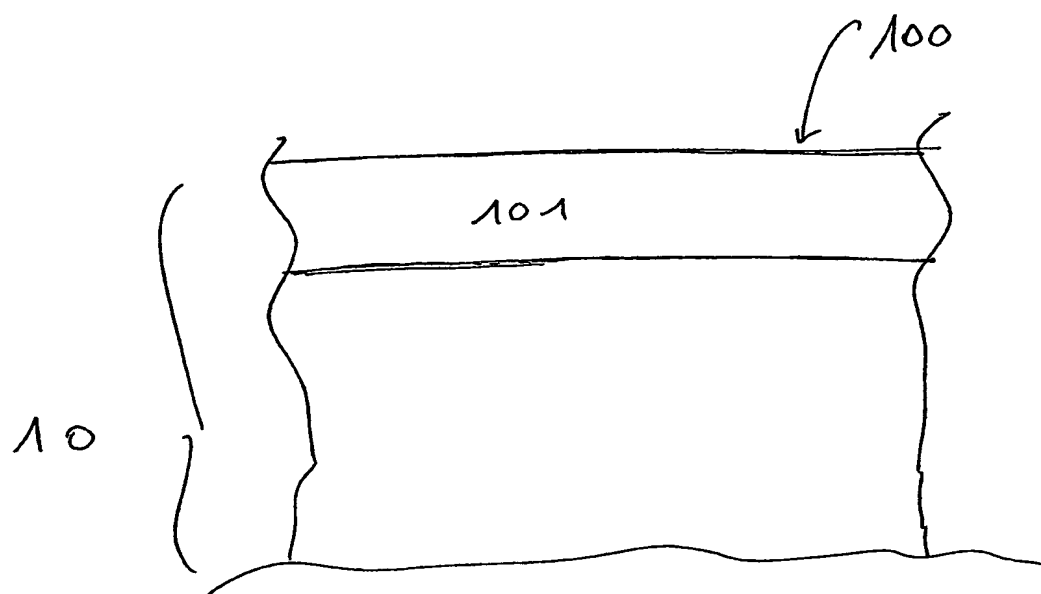


Figure Unique

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 02/02543

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/324 H01L21/306

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 28000 A (AGA HIROJI ;KUWABARA SUSUMU (JP); MITANI KIYOSHI (JP); TATE NAOTO) 19 April 2001 (2001-04-19) the whole document	1-5, 11
P, X	& EP 1 158 581 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD) 28 November 2001 (2001-11-28) page 2, line 5 - line 11 page 2, line 25 - line 59 page 3, line 20 - line 39 page 3, line 52 -page 4, line 3 page 4, line 17 - line 28 page 5, line 1 - line 39 page 5, column 56 -column 58 page 6, line 7 - line 16 page 6, line 52 -page 7, line 2; figure 1 page 8, line 21 -page 9, line 9; figures 6,7 ----- -/--	1-5, 11



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 December 2002

Date of mailing of the international search report

03/01/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Klopfenstein, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 02/02543

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 777 115 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 8 October 1999 (1999-10-08) page 1, line 6 - line 29 page 2, line 25 -page 3, line 6 page 3, line 19 -page 5, line 10 page 5, line 16 - line 27 page 7, line 2 -page 8, line 5; figures 1A-1C page 8, line 18 - line 21 page 9, line 3 -page 10, line 23; figures 4,5A-5D page 11, line 30 -page 12, line 7 page 12, line 14 - line 21	1,6,9,11
A	---	2-5,10
Y	EP 1 045 448 A (SOITEC S A ;SHINETSU HANDOTAI KK (JP)) 18 October 2000 (2000-10-18) column 1, line 5 - line 12 column 2, line 2 - line 39 column 2, line 49 -column 3, line 4 column 3, line 24 -column 4, line 20 column 4, line 40 - line 52 column 6, line 5 - line 14 column 6, line 27 - line 39 column 6, line 52 -column 8, line 25; figures 1A-1J column 8, line 31 - line 49 column 11, line 33 - line 36 column 11, line 49 -column 12, line 2 column 12, line 53 -column 13, line 55; figures 1G-1I,2	1-11
Y	EP 0 954 014 A (SHINETSU HANDOTAI KK) 3 November 1999 (1999-11-03) column 1, line 7 - line 14 column 3, line 32 -column 4, line 17 column 4, line 29 - line 41 column 4, line 46 - line 53 column 5, line 33 -column 6, line 47; figure 1 column 7, line 28 - line 41 column 10, line 16 - line 24; figures 1A-1E column 11, line 15 - line 57; figures 1F,1G,2 column 12, line 17 - line 21; figures 1A-1E column 12, line 50 -column 13, line 27 ---	1-11
	--- -/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 02/02543

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 797 713 A (S O I TEC SILICON ON INSULATOR) 23 February 2001 (2001-02-23) page 1, line 3 - line 5 page 3, line 20 -page 5, line 9 page 7, line 4 - line 23 page 9, line 1 - line 23 page 10, line 20 -page 11, line 3 page 12, line 1 - line 7 page 12, line 29 -page 13, line 29 page 15, line 6 -page 16, line 17 page 16, line 21 -page 17, line 4 page 18, line 1 - line 31; figure 4 page 21, line 5 - line 15; figure 6 -----	1-11
A	FR 2 761 526 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 October 1998 (1998-10-02) page 2, line 6 - line 31 page 4, line 3 - line 23; figures 1A-1F page 5, line 24 -page 6, line 4; figure 4 -----	1,6-8,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 02/02543

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 0128000	A	19-04-2001	EP	1158581 A1	28-11-2001
			WO	0128000 A1	19-04-2001
FR 2777115	A	08-10-1999	FR	2777115 A1	08-10-1999
			EP	0986826 A1	22-03-2000
			WO	9952145 A1	14-10-1999
			JP	2002503400 T	29-01-2002
			TW	429481 B	11-04-2001
			US	6403450 B1	11-06-2002
EP 1045448	A	18-10-2000	JP	2000124092 A	28-04-2000
			EP	1045448 A1	18-10-2000
			US	6372609 B1	16-04-2002
			WO	0024059 A1	27-04-2000
EP 0954014	A	03-11-1999	JP	11307472 A	05-11-1999
			EP	0954014 A1	03-11-1999
			TW	471020 B	01-01-2002
			US	6362076 B1	26-03-2002
FR 2797713	A	23-02-2001	FR	2797713 A1	23-02-2001
			EP	1208589 A1	29-05-2002
			WO	0115215 A1	01-03-2001
FR 2761526	A	02-10-1998	JP	10275905 A	13-10-1998
			DE	19753494 A1	01-10-1998
			FR	2761526 A1	02-10-1998
			FR	2762136 A1	16-10-1998
			TW	409418 B	21-10-2000

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L21/324 H01L21/306

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 01 28000 A (AGA HIROJI ;KUWABARA SUSUMU (JP); MITANI KIYOSHI (JP); TATE NAOTO) 19 avril 2001 (2001-04-19) le document en entier	1-5, 11
P, X	& EP 1 158 581 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD) 28 novembre 2001 (2001-11-28) page 2, ligne 5 - ligne 11 page 2, ligne 25 - ligne 59 page 3, ligne 20 - ligne 39 page 3, ligne 52 -page 4, ligne 3 page 4, ligne 17 - ligne 28 page 5, ligne 1 - ligne 39 page 5, colonne 56 -colonne 58 page 6, ligne 7 - ligne 16 page 6, ligne 52 -page 7, ligne 2; figure 1 page 8, ligne 21 -page 9, ligne 9; figures 6,7 --- -/-	1-5, 11

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

19 décembre 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/01/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Klopfenstein, P

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 777 115 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 8 octobre 1999 (1999-10-08) page 1, ligne 6 - ligne 29 page 2, ligne 25 -page 3, ligne 6 page 3, ligne 19 -page 5, ligne 10 page 5, ligne 16 - ligne 27 page 7, ligne 2 -page 8, ligne 5; figures 1A-1C page 8, ligne 18 - ligne 21 page 9, ligne 3 -page 10, ligne 23; figures 4,5A-5D page 11, ligne 30 -page 12, ligne 7 page 12, ligne 14 - ligne 21	1,6,9,11
A	---	2-5,10
Y	EP 1 045 448 A (SOITEC S A ; SHINETSU HANDOTAI KK (JP)) 18 octobre 2000 (2000-10-18) colonne 1, ligne 5 - ligne 12 colonne 2, ligne 2 - ligne 39 colonne 2, ligne 49 -colonne 3, ligne 4 colonne 3, ligne 24 -colonne 4, ligne 20 colonne 4, ligne 40 - ligne 52 colonne 6, ligne 5 - ligne 14 colonne 6, ligne 27 - ligne 39 colonne 8, ligne 52 -colonne 8, ligne 25; figures 1A-1J colonne 8, ligne 31 - ligne 49 colonne 11, ligne 33 - ligne 36 colonne 11, ligne 49 -colonne 12, ligne 2 colonne 12, ligne 53 -colonne 13, ligne 55; figures 1G-1I,2	1-11
Y	---	1-11
	EP 0 954 014 A (SHINETSU HANDOTAI KK) 3 novembre 1999 (1999-11-03) colonne 1, ligne 7 - ligne 14 colonne 3, ligne 32 -colonne 4, ligne 17 colonne 4, ligne 29 - ligne 41 colonne 4, ligne 46 - ligne 53 colonne 5, ligne 33 -colonne 6, ligne 47; figure 1 colonne 7, ligne 28 - ligne 41 colonne 10, ligne 16 - ligne 24; figures 1A-1E colonne 11, ligne 15 - ligne 57; figures 1F,1G,2 colonne 12, ligne 17 - ligne 21; figures 1A-1E colonne 12, ligne 50 -colonne 13, ligne 27	

	-/--	

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 797 713 A (S O I TEC SILICON ON INSULATOR) 23 février 2001 (2001-02-23) page 1, ligne 3 - ligne 5 page 3, ligne 20 -page 5, ligne 9 page 7, ligne 4 - ligne 23 page 9, ligne 1 - ligne 23 page 10, ligne 20 -page 11, ligne 3 page 12, ligne 1 - ligne 7 page 12, ligne 29 -page 13, ligne 29 page 15, ligne 6 -page 16, ligne 17 page 16, ligne 21 -page 17, ligne 4 page 18, ligne 1 - ligne 31; figure 4 page 21, ligne 5 - ligne 15; figure 6 -----	1-11
A	FR 2 761 526 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 octobre 1998 (1998-10-02) page 2, ligne 6 - ligne 31 page 4, ligne 3 - ligne 23; figures 1A-1F page 5, ligne 24 -page 6, ligne 4; figure 4 -----	1,6-8,11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Requête Internationale No
PCT/FR 02/02543

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0128000	A	19-04-2001	EP	1158581 A1	28-11-2001
			WO	0128000 A1	19-04-2001
FR 2777115	A	08-10-1999	FR	2777115 A1	08-10-1999
			EP	0986826 A1	22-03-2000
			WO	9952145 A1	14-10-1999
			JP	2002503400 T	29-01-2002
			TW	429481 B	11-04-2001
			US	6403450 B1	11-06-2002
EP 1045448	A	18-10-2000	JP	2000124092 A	28-04-2000
			EP	1045448 A1	18-10-2000
			US	6372609 B1	16-04-2002
			WO	0024059 A1	27-04-2000
EP 0954014	A	03-11-1999	JP	11307472 A	05-11-1999
			EP	0954014 A1	03-11-1999
			TW	471020 B	01-01-2002
			US	6362076 B1	26-03-2002
FR 2797713	A	23-02-2001	FR	2797713 A1	23-02-2001
			EP	1208589 A1	29-05-2002
			WO	0115215 A1	01-03-2001
FR 2761526	A	02-10-1998	JP	10275905 A	13-10-1998
			DE	19753494 A1	01-10-1998
			FR	2761526 A1	02-10-1998
			FR	2762136 A1	16-10-1998
			TW	409418 B	21-10-2000

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)